心理学报 2018, Vol. 50, No.4, 377−389
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2018.00377

自上而下的目标调节奖赏联结干扰子的注意定向和脱离*

张 燕[1] 曹慧敏[1] 郑元杰[2] 任衍具[1]

([1]山东师范大学心理学院; [2]山东师范大学信息科学与工程学院, 济南 250358)

摘 要 近年来传统的注意控制理论已经无法解释部分注意控制现象, 有研究者提出将奖赏联结/价值驱动的注意捕获作为一种新的注意引导源。奖赏联结的注意捕获是否会受到自上而下的目标定势的调节已成为该领域一个重要的理论问题。研究采用空间线索范式的变式, 探讨了奖赏联结干扰子与目标的相关性对奖赏联结注意捕获中的定向和脱离的调节作用。研究结果发现: 当学习阶段习得的奖赏联结干扰子在测验阶段与目标相关时(实验 1), 有奖干扰子相对于无奖干扰子具有优先的注意定向和延迟脱离; 而学习阶段习得的奖赏联结干扰子在测验阶段与目标无关时(实验 2), 有奖干扰子和无奖干扰子在注意定向和脱离方面均无显著差异。由此可见, 奖赏联结的注意捕获并不是完全自动化的, 自上而下的目标定势能够调节其注意定向和脱离的成分, 支持奖赏联结的注意捕获与自上而下的目标定势交互引导视觉注意的观点。

关键词 奖赏联结; 自上而下; 注意定向; 注意脱离

分类号 B842

1 前言

视觉注意(visual attention)是人类赖以选择任务相关信息同时抑制无关信息的一种适应性认知机制。早期的研究者提出了注意控制的两种模式: 刺激驱动的(stimulus-driven)和目标定向的(goal-directed)注意控制(见综述 Egeth & Yantis, 1997)。前者也称外源性的(exogenous)或者自下而上的(bottom-up)注意控制, 认为外部刺激的物理特征(如物理显著性, physical salience)能够引导视觉注意的分配, 强调的是外部刺激对注意的捕获(attentional capture), 具有不由自主的、自动的性质(如 Theeuwes, 1992, 2010)。后者也称内源性的(endogenous)或者自上而下的(top-down)注意控制, 认为个体的目标或内部准备状态引导视觉注意的分配, 强调的是当前任务和主观意图等认知性因素对注意的控制, 具有主动控制的性质(如 Posner, Snyder, & Davidson, 1980)。

然而传统的注意控制的二分法受到了近年来研究成果的挑战, 越来越多的研究者发现, 存在刺激的物理显著性和个体的目标都无法解释的注意选择偏差(见综述 Awh, Belopolsky, & Theeuwes, 2012)。其中有一类研究发现, 与奖赏建立联结的物理上非显著的刺激也能够捕获视觉注意, 即奖赏联结/价值驱动的注意捕获(value-driven attentional capture); 该类研究往往采用学习−测验范式的程序, 要求被试在学习阶段将项目的某个特征值(如红色或绿色)与奖赏/价值建立联结, 在测验阶段, 具有与奖赏/价值建立联结的特征值的项目作为干扰子出现, 但是与测验阶段的目标无关, 结果发现与奖赏建立联结的项目的特征值比没有建立联结的项目的特征值更容易捕获注意, 从而干扰了对被试目

收稿日期: 2017-06-15

* 山东省自然科学基金面上项目(ZR2017MC058); 山东省高等学校人文社会科学研究计划项目(J13WH07); 山东省"泰山学者海外特聘专家"项目(TSHW201502038); 山东省高校人类认知与行为发展重点实验室; 山东师范大学"二层次"人才资助项目。

通信作者: 任衍具, E-mail: renyanju@gmail.com

标项的搜索(如 Anderson, 2013, 2016; Anderson, Laurent, & Yantis, 2011b)。利用视线追踪技术的研究也发现：与奖赏相联结的项目特征值比没有建立联结的项目特征值更容易捕获眼动(如 Bucker, Silvis, Donk, & Theeuwes, 2015; Theeuwes & Belopolsky, 2012)，为基于奖赏联结的注意捕获提供了更为直接的证据。还有研究者提供了奖赏联结的注意捕获的神经生理学证据：人类基底神经节和视皮层存在价值驱动注意的优先性信号，奖赏可以通过前扣带回来增强刺激的显著性进而捕获注意，与奖赏联结的干扰子诱发N2pc成分先于目标诱发的N2pc成分(Qi, Zeng, Ding, & Li, 2013; 也见 Anderson, 2016)。

在注意控制的早期研究中，关于注意捕获(attentional capture)的性质存在着两类不同的观点：基于额外奇异项(additional singleton)范式提出的刺激驱动的捕获(stimulus-driven capture; Theeuwes, 1992)和基于空间线索(spatial cuing)范式提出的有条件的捕获(contingent capture; Folk, Remington, & Johnston, 1992)，而且这种争议一直持续至今(Theeuwes, 2010)。那么一个重要的理论问题就是奖赏联结/价值驱动的注意捕获的性质，即这种注意捕获是完全自动化的(类似于刺激驱动的捕获)，还是会受到自上而下的目标定势的调节(类似于有条件的捕获)呢？

对于上述的理论问题，目前的研究也存在两种不同的观点。大部分研究者发现，奖赏联结的注意捕获通过增强刺激的显著性来捕获注意(如 Anderson, Laurent, & Yantis, 2011a; Wang, Yu, & Zhou, 2013)和眼动(如 Failing, Nissens, Pearson, Le Pelley, & Theeuwes, 2015; Hickey & van Zoest, 2013; Theeuwes & Belopolsky, 2012)，这种注意/眼动捕获是完全自动化的，独立于自上而下目标定势和/或策略性的注意定势等认知性因素的影响，类似于刺激驱动的注意捕获(如 Bucker, Belopolsky, & Theeuwes, 2015; Failing & Theeuwes, 2014; Le Pelley, Pearson, Griffiths, & Beesley, 2015; Munneke, Hoppenbrouwers, & Theeuwes, 2015; Pearson et al., 2016)。然而也有一些研究者发现，在一定的条件下奖赏联结的注意捕获并不是完全自动化的，会受到策略和/或自上而下的目标定势等认知性因素的调节(MacLean & Giesbrecht, 2015; MacLean, Diaz, & Giesbrecht, 2016; Stankevich & Geng, 2015)。

近期的研究在探讨奖赏联结注意捕获的性质时，主要是以反应时为指标，反应时的结果是多种成分综合的结果，既包括在加工过程的早期刺激对注意的捕获(注意定向)，也包括在加工过程的晚期注意从刺激上离开(注意脱离)。未见有研究者将奖赏联结的注意捕获过程中早期的注意定向(attentional orienting)和晚期的注意脱离(attentional disengagement)分开讨论。分离出注意定向和注意脱离具有重要的意义，因为它们处于不同的信息加工阶段，受目标定势或策略性的注意定势等认知性因素的影响可能是不一样的。一些研究者所发现的自上而下的目标定势对奖赏联结注意捕获的影响也可能是自上而下的目标定势对注意定向和脱离混合影响的结果，而作为认知性因素的自上而下的目标定势所产生的影响可能发生在晚期的注意脱离阶段，而对早期的注意定向没有影响(见综述, Carrasco, 2011)。要分离出注意定向和脱离，就必须在与奖赏建立联结的特征值呈现之前操纵注意的焦点，并且通过操纵与奖赏建立联结的特征值和目标的相关性来考察奖赏联结的注意捕获是否受自上而下目标定势的影响；为了考察目标定势对奖赏干扰子注意定向的影响，必须确保奖赏干扰子出现的时候注意已经分配到其它的位置上，奖赏干扰子会捕获注意从而干扰对目标的识别；同时为了考察目标定势对奖赏干扰子注意脱离的影响，必须确保奖赏干扰子出现的时候注意已经分配到奖赏干扰子的位置上，注意需要脱离奖赏干扰子而重新定向至目标的位置上。Vromen 及其同事采用该范式探讨了目标定势对恐惧刺激早期的注意定向和晚期的注意脱离的影响，这项研究中指出：定向是指恐惧干扰子出现在非线索位置时，恐惧干扰子对注意的捕获，而脱离是指恐惧干扰子出现在线索位置时，注意从恐惧干扰子上离开；这项研究结果发现，当恐惧刺激成为可能的目标时，会诱发早期的注意定向和晚期的注意脱离，但当恐惧刺激与目标无关时，仅诱发少量的注意定向；由此可见自上而下的目标定势既调节了恐惧刺激的早期注意定向，也调节了恐惧刺激的晚期注意脱离(Vromen, Lipp, Remington, & Becker, 2016)。

本研究采用学习–测验程序，我们在学习阶段要求被试建立颜色与奖赏的联结(Anderson et al., 2011b)，而在测验阶段采用上述的空间线索范式的变式分离出注意定向和注意脱离，以此来探讨自上而下的目标定势对奖赏干扰子的注意定向和注意脱离的影响。其中定向是指奖赏干扰子出现在非线索位置，而脱离是指奖赏干扰子出现在线索位置。研究包含两个实验，实验 1 操纵奖赏干扰子与目标相关，实验 2 操纵奖赏干扰子与目标无关。基于前

人研究结果, 本研究有以下预期: 若奖赏联结的注意捕获是完全自动化的, 那么当奖赏干扰子与目标相关(实验 1)和奖赏干扰子与目标无关(实验 2)时, 与无奖干扰子相比, 奖赏干扰子在注意的优先定向和延迟脱离方面均应该获得类似的结果。若奖赏联结的注意捕获会受到目标定势的调节, 那么当奖赏干扰子与目标相关(实验 1)时, 与无奖干扰子相比, 有奖干扰子在注意的优先定向和/或延迟脱离方面更明显; 当奖赏干扰子与目标无关(实验 2)时, 有无奖赏干扰子在注意定向和/或注意脱离方面没有明显的差异。

2　实验 1：奖赏干扰子与目标相关

本实验旨在探讨当奖赏干扰子与目标相关时, 有奖干扰子是否比无奖干扰子具有明显的注意的优先定向和延迟脱离。首先在学习阶段, 采用视觉搜索任务让被试习得颜色与奖赏的联结(见 Anderson et al., 2011b); 其次在测验阶段, 要求被试识别粉色方框中的目标圆环, 并对圆环中的线条朝向做出按键反应, 同时要忽略三个白色方框里圆环中的线条朝向(见图 1)。在 1/3 的试次中, 白色方框中与奖赏联结的色环作为干扰子, 而粉色方框中与奖赏没有联结的色环作为目标; 而在另 1/3 的试次中, 白色方框中与奖赏没有联结的色环作为干扰子, 而粉色方框中与奖赏联结的色环作为目标; 在最后 1/3 的试次中, 白色方框中既不出现与奖赏联结的色环也不出现与奖赏没有建立联结的色环, 而是出现中性的色环作为干扰子, 粉色方框中既可以是与奖赏建立联结的色环, 也可以是与奖赏没有建立联结的色环作为目标。

在呈现目标画面之前, 利用粉色线索(围绕白色方框的 4 个粉色色块)将注意引导至 4 个可能的目标位置中的一个上, 那么奖赏干扰子在某些试次上首先被注意到(注意脱离试次), 而在另一些试次上不被注意到(注意定向试次, 见图 1)。若在线索位置与目标位置相同的试次上, 目标识别的反应时应快于线索位置与目标位置不同试次上的反应时, 二者的反应时之差即为线索效应(图 3)。线索化奖赏干扰子或非奖赏的干扰子允许我们测量注意是否难以从奖赏干扰子上脱离开来(即注意脱离), 因为注意不必定向至该干扰子上, 而应该脱离该干扰子重新定向至目标上。线索化其他的项目(其他的干扰子或者目标项)允许我们测量注意是否会优先定向至奖赏干扰子上(即注意定向), 因为奖赏干扰子会捕获注意从而干扰对目标的识别。基于前人研究, 我们预期有奖干扰子比无奖干扰子的优先定向和延迟脱离更明显。

2.1　方法

2.1.1　被试

自愿参加实验的 24 名(12 名女生, 12 名男生, 17 ~ 22 岁, M = 19.17 岁, SD = 1.17 岁)在校大学生。参加者均为右利手, 视力或矫正视力及色觉正常, 身体健康。实验结束后被试可根据实验所得的总分获得 15 ~ 25 元的报酬。

2.1.2　实验刺激与仪器

参照 Anderson, Folk, Garrison 和 Rogers (2016)的研究制作实验材料。学习阶段的实验材料为直径约 3° 的圆环和长度约为 2°的线条(如图 1 所示)。圆环共有 7 种颜色: 红色(RGB: 255, 0, 0)、绿色(RGB: 0, 255, 0)、橙色(RGB: 255, 128, 0)、黄色(RGB: 255, 255, 0)、粉色(RGB: 255, 128,255)、蓝色(RGB: 0, 128, 255)和青色(RGB: 0, 255, 255); 线条均为白色, 朝向为水平、垂直或者倾斜 45/135 度。测验阶段的实验材料还包括大小约为 4° × 4°的白色(RGB: 255, 255, 255)方框和粉色色块(RGB: 255, 128, 255)。采用专用软件 E-Prime 2.0 编制实验程序并记录实验数据, 运行平台为联想电脑(Pentium (R) Dual-Core CPU E5700, 3.00 GHz)。实验刺激呈现在 17 英寸的彩色 CRT 显示器(分辨率为 800×600, 刷新频率为 60 Hz)上, 背景为灰色(RGB: 128, 128, 128)。视距约为 40 cm。

2.1.3　实验程序与设计

学习阶段单个试次的程序如图 1a 所示。首先在屏幕中央呈现一个红色的注视点(+, 大小为 2.8°), 被试准备好后按空格键, 注视点变为白色并随机持续呈现在屏幕中央 400、500 或 600 ms, 接下来呈现搜索画面 1000 ms 或者直至被试做出按键反应, 要求被试搜索目标圆环(红色或绿色), 并对其中的线条朝向做出按键反应(水平朝向按“—”键, 垂直朝向按“｜”键, 键名预先标记), 间隔 1000 ms 后呈现反馈屏幕 1500 ms, 如果反应正确, 反馈屏幕呈现给被试当前试次的得分和直到该试次共得的总分, 并告知被试实验报酬与学习阶段所得的总分高低有关。反馈有两种: 有奖“+10”和无奖“+0”,对单个被试来说, 其中一种目标圆环颜色为有奖, 另一种目标圆环颜色为无奖, 对目标圆环的颜色进行被试间平衡(在本实验中选择红色和绿色作为有奖和无奖的颜色, 对一半被试来说红色是有奖, 绿色

图 1 实验 1 学习阶段(a)和测验阶段(b)单个试次的流程图

注：彩图见电子版,下同

是无奖；而对另一半被试来说红色是无奖，绿色是有奖)；如果反应错误或者超出屏幕呈现时间，反馈屏幕呈现“错误”提示。试次之间有 1000 ms 的空屏。学习阶段之前有 32 个练习试次，反馈屏幕仅呈现“正确”和“错误”，不呈现得分。正式实验部分有 320 个试次(50%的试次为有奖, 50%的试次为无奖)，顺序随机呈现，共分为 4 组，每组包括 80 个试次，相邻两组之间被试可以稍作休息。

测验阶段单个试次的流程图如图 1b 所示。首先在屏幕中央呈现一个红色的注视点，被试准备好后按空格键，注视点变为白色，同时在注视点的周围上下左右呈现 4 个白色方框 900 ms，方框中心距离注视点约为 7°，接下来呈现线索(在其中一个方框的四周闪现 4 个粉色色块)屏幕 100 ms 后消失，线索位置与接下来要搜索的目标圆环位置(粉色方框位置)可能相同也可能不同。再呈现注视点“+”和周围的 4 个方框 100 ms。接下来呈现搜索屏幕 100 ms，其中一个方框变为粉色，被试需要对粉色方框内圆环里的线条朝向做水平或垂直的按键反应，粉色方框内的圆环颜色只有红色或者绿色。搜索屏幕后出现一个不限时的反应屏幕，被试按键反应后呈现 1500 ms 的反馈屏，告诉被试反应的正误，然后进入下一试次。在测验阶段的正式实验之前有 24 个练习试次，反馈屏幕呈现反应的正误和反应时。测验阶段的正式实验共有 288 个试次(反馈屏幕仅呈现正误，不呈现反应时)，顺序随机呈现，分成 4 组，每组包括 72 个试次，相邻两组之间被试可以稍作休息。

在测验阶段，线索位置和目标位置相同的试次称为目标线索试次(占总试次数的 25%，共 72 个试次)；在目标线索试次上，若非目标位置出现了另一种目标颜色，则为干扰子条件(有奖干扰子或无奖干扰子)；若非目标位置不出现任何目标颜色，则称为无干扰子条件。当线索位置和搜索屏幕中非目标色的位置相同时，这种试次称为干扰子线索试次(50%，共 144 个试次)；在干扰子线索试次上，若非目标位置出现了与目标位置不同的另一种目标颜色，则为干扰子条件(有奖干扰子或无奖干扰子)；若非目标位置不出现任何目标颜色，则为无干扰子条件。当线索位置和目标位置分别出现了不同的目标颜色时，这种试次称为 foil (插入)线索试次(25%，72 个试次)，这种试次只有干扰子条件(有奖干扰子或无奖干扰子)。

学习阶段和测验阶段共持续约 1 个小时，在实验开始前均告诉被试要既快又准地做反应。学习阶段为单因素的被试内设计，自变量为有无奖赏，包含有奖试次和无奖试次两种条件；测验阶段为被试内设计，关键自变量为线索类型，包含有目标线索、干扰子线索和 foil 线索三种类型，如上所述，其中目标线索和干扰子线索均包含有奖干扰子、无奖干扰子和无干扰子条件，而 foil 线索则只包含有奖干扰子和无奖干扰子条件。因变量均为判断线条朝向的按键反应时和正确率。

2.2 结果分析

下面将对学习阶段和测验阶段的正确率和反应时数据分别进行统计分析。

2.2.1 学习阶段

正确率 配对样本 t 检验发现，有奖试次的正

确率(M = 89%, SD = 7%)和无奖试次的正确率(M = 88%, SD = 6%)之间差异不显著, $t(23)$ = 0.98, p = 0.335。如图 2a 所示。

反应时　首先剔除错误反应的数据(占总数据的 11.8%), 然后按照 $M \pm 3SD$ 的原则剔除超出一定范围的反应时数据(占总数据的 0.2%)。配对样本 t 检验发现, 有奖试次的反应时(M = 580 ms, SD = 52 ms)显著短于无奖试次的反应时(M = 616 ms, SD = 63 ms), $t(23)$ = 3.34, p = 0.003, Cohen's d = 1.09。如图 2b 所示。

结合两种指标发现, 被试确实习得了颜色与奖赏的联结。

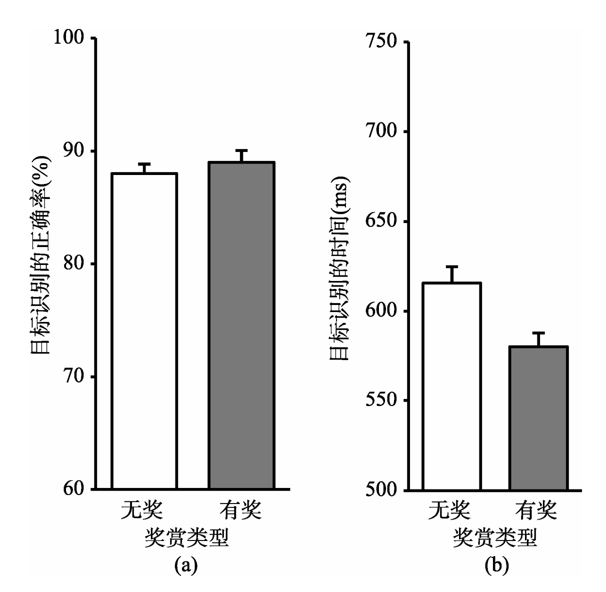


图 2　实验 1 学习阶段无奖和有奖条件下的正确率(a)和反应时(b)

注: 误差线为被试内设计 95%的置信区间(Loftus & Masson, 1994)

2.2.2　测验阶段

线索效应是指目标线索、干扰子线索和 foil 线索在因变量指标(正确率和反应时)上的变异。

正确率　重复测量的方差分析发现了显著的线索效应, $F(2, 46)$ = 16.83, p < 0.001, η_p^2 = 0.422。配对比较的结果显示: 目标线索试次的正确率(M = 89%, SD = 8%)要显著高于干扰子线索试次的正确率(M = 86%, SD = 7%, p = 0.003)和 foil 线索试次的正确率(M = 80%, SD = 12%, p < 0.001), 干扰子线索试次的正确率显著高于 foil 线索试次的正确率(p = 0.002)。如图 3a 所示。

反应时　首先剔除错误反应的数据(占总数据的 13.7%), 然后按照 $M \pm 3\ SD$ 的原则剔除超出一定范围的反应时数据(占总数据的 1.6%)。然后对剩余的反应时数据进行重复测量方差分析, 结果发现了显著的线索效应, $F(2, 46)$ = 14.32, p < 0.001, η_p^2 = 0.384。配对比较的结果显示: 目标线索试次的反应时(M = 589 ms, SD = 102 ms)要显著短于干扰子线索试次的反应时(M = 636 ms, SD = 104 ms, p < 0.001)和 foil 线索试次的反应时(M = 659 ms, SD = 123 ms, p = 0.001), 干扰子线索试次的反应时显著短于 foil 线索试次的反应时(p = 0.033)。如图 3b 所示。

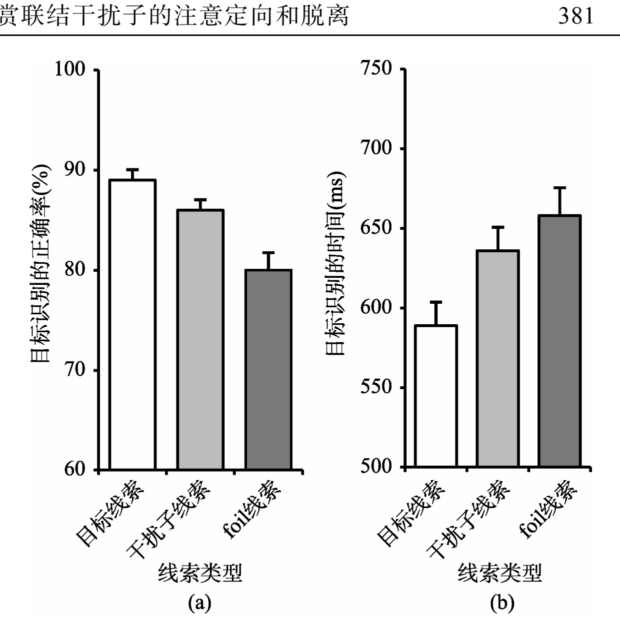


图 3　实验 1 测验阶段线索类型间的正确率(a)和反应时(b)

注: 误差线为被试内设计 95%的置信区间

综合两个指标未发现速度−准确性权衡, 表现出明显的线索收益。

定向是指有奖干扰子和无奖干扰子出现在非线索位置时对注意的捕获, 主要反映在干扰子线索类型和目标线索类型上。

正确率　在干扰子线索类型上: 干扰子类型的主效应显著, $F(2, 46)$ = 10.47, p < 0.001, η_p^2 = 0.313。配对比较结果显示: 有奖干扰子的正确率(M = 81%, SD = 11%)显著低于无奖干扰子的正确率(M = 87%, SD = 11%, p = 0.045)和无干扰子的正确率(M = 91%, SD = 7%, p < 0.001), 无奖干扰子的正确率也显著低于无干扰子的正确率(p = 0.026)。在目标线索类型上: 干扰子类型的主效应显著, $F(2, 46)$ = 3.23, p = 0.049, η_p^2 = 0.123。配对比较的结果显示: 除了有奖干扰子的正确率(M = 87%, SD = 8%)显著低于无干扰子的正确率(M = 92%, SD = 11%, p = 0.016)外, 有奖干扰子的正确率与无奖干扰子的正确率(M = 89%, SD = 10%)差异不显著(p = 0.133); 无奖干扰子的正确率与无干扰子的正确率差异也不显著(p = 0.299)。如图 4a 所示。

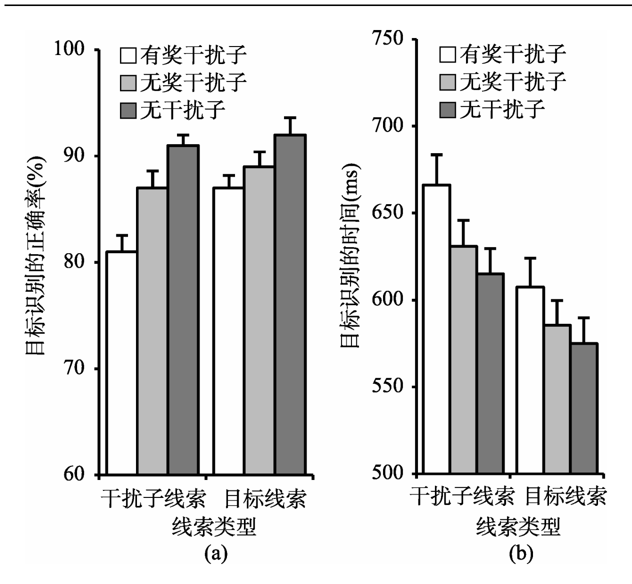


图 4 实验 1 测验阶段注意定向的正确率(a)和反应时(b)
注：误差线为被试内设计 95%的置信区间

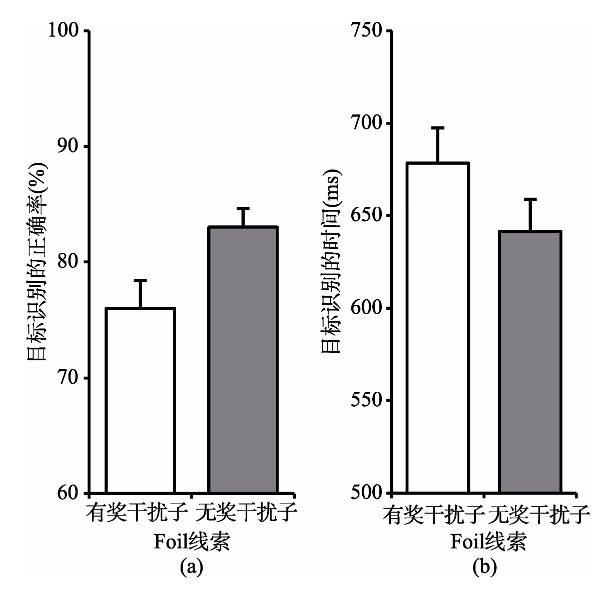


图 5 实验 1 测验阶段注意脱离正确率(a)和反应时(b)
注：误差线为被试内设计 95%的置信区间

反应时 在干扰子线索类型上：干扰子类型的主效应显著，$F(2, 46) = 14.22$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.382$。配对比较结果显示：有奖干扰子的反应时(M=666 ms, SD = 121 ms)要显著长于无奖干扰子的反应时(M = 631 ms, SD = 104 ms, p = 0.004)和无干扰子的反应时(M = 615 ms, SD = 100 ms, p < 0.001)，无奖干扰子的反应时与无干扰子的反应时差异不显著(p = 0.072)。在目标线索类型上：干扰子类型的主效应显著，$F(2, 46) = 5.98$, $p = 0.005$, $\eta_p^2 = 0.206$。配对比较结果显示：有奖干扰子的反应时(M = 608 ms, SD = 115 ms)要显著慢于无奖干扰子的反应时(M = 586 ms, SD = 99 ms, p = 0.014)和无干扰子的反应时(M = 575 ms, SD = 103 ms, p = 0.010)，无奖干扰子的反应时与无干扰子的反应时差异不显著(p = 0.227)。如图 4b 所示。

综合上述两个指标未发现速度−准确性权衡，表现出有奖干扰子相对于无奖干扰子的优先定向。

脱离是指有奖干扰子和无奖干扰子出现在线索位置上，被试需要将注意脱离干扰子转向目标位置的过程，主要反映在 foil 线索类型上。

正确率 配对 t 检验发现：有奖干扰子的正确率(M = 76%, SD = 16%)要显著低于无奖干扰子的正确率(M = 83%, SD = 11%), ΔM = 7%, $t(23) = 2.72$, $p = 0.012$, Cohen's d = 0.899。如图 5a 所示。

反应时 配对 t 检验发现：有奖干扰子的反应时(M = 679 ms, SD = 132 ms)要显著长于无奖干扰子的反应时(M = 642 ms, SD = 122 ms), ΔM = 37 ms, $t(23) = 3.42$, $p = 0.002$, Cohen's d = 2.391。如图 5b 所示。

综合上述两个指标未发现速度−准确性权衡，表现出有奖干扰子相对于无奖干扰子的延迟脱离。

2.3 讨论

实验 1 的结果表明，在学习阶段，被试学习到了奖赏的联结，即当有奖颜色出现的时候被试的反应显著快于无奖颜色出现的时候，得到了与前人研究类似的结果(Anderson et al., 2011b; 但见 Sha & Jiang, 2016)。在测验阶段，虽然并没有给予奖赏反馈，但被试在学习阶段习得的奖赏联结的作用依然存在。当奖赏干扰子可能成为目标(与目标相关)时，与无奖干扰子相比，有奖干扰子能够优先捕获注意并且延迟脱离。具体来说，当目标圆环出现在线索位置时，注意已经指向目标圆环的位置，此时不需要再转移注意，但是我们仍然观察到了对有奖干扰子的快速定向。同时当有奖干扰子出现在线索位置时，我们也观察到了对有奖干扰子的延迟脱离。

3 实验 2：奖赏干扰子与目标无关

实验 1 的结果显示，当奖赏干扰子与目标相关时，与无奖干扰子相比，有奖干扰子能更快地捕获注意，并且注意脱离时间变长。为了评估奖赏联结的注意捕获中的快速定向和延迟脱离是否受自上而下目标的影响，实验 2 旨在探讨当奖赏干扰子与目标无关时(学习阶段的目标是红色或者绿色的圆环，但测验阶段的目标是橙色或者青色的圆环)，有奖干扰子与无奖干扰子在注意定向和脱离方面是否还会有明显的差别。先前的研究采用奇异项范式，发现即使在测验阶段奖赏干扰子完全与任务无

关, 但是它仍能捕获注意, 支持了奖赏联结的注意捕获是自动化的说法(如 Anderson et al., 2011b)。如果这一观点是正确的话, 那么实验 2 应该得到与实验 1 类似的结果; 然而如果假设基于奖赏的注意捕获的定向和脱离会受到自上而下的目标的调节, 那么在本实验中我们将会观察到有奖干扰子与无奖干扰子在注意定向和脱离方面的差异不同于实验 1 的结果。

3.1　方法

3.1.1　被试

自愿参加实验的另外 24 名(12 名女生, 12 名男生, 18 ~ 21 岁, M = 19.38 岁, SD = 0.92 岁)在校大学生, 其他方面均与实验 1 相同。

3.1.2　实验刺激与仪器

实验刺激和仪器同实验 1。唯一不同的是实验 2 中粉色方框内的目标圆环颜色是橙色或青色, 而红色或绿色作为其中的一个非目标颜色出现。

3.1.3　实验程序与设计

学习阶段的实验流程与实验 1 的学习阶段的实验流程完全相同。

测验阶段的实验流程与实验 1 基本相同, 单个试次的流程如图 6 所示。当线索位置和目标位置相同时, 这种试次称为目标线索试次(占总试次的 25%, 共 72 个试次); 在目标线索试次上, 若非目标位置出现了红色或绿色, 则为干扰子条件(有奖干扰子或无奖干扰子); 若非目标位置不出现红色或绿色, 则为无干扰子条件。当线索位置和搜索屏幕中非目标色(此时不包括红色或绿色, 仅指黄色和蓝色)的位置相同时, 这种试次称为干扰子线索试次(25%, 72 个试次); 在干扰子线索试次上, 若其它的非目标位置出现了红色或绿色, 则为干扰子条件(有奖干扰子或无奖干扰子); 若其它的非目标位置不出现红色或绿色, 则为无干扰子条件。当线索位置和目标位置分别出现了不同的目标颜色(橙色或青色)时, 这种试次称为 foil 线索试次(25%, 72 个试次); 在 foil 线索试次上, 若非目标位置出现了红色或绿色, 则为干扰子条件(有奖干扰子或无奖干扰子); 若非目标位置不出现红色或绿色, 则为无干扰子条件。当线索位置和搜索屏幕中非目标色(此时不包括黄色和蓝色, 仅指红色或绿色)的位置相同时, 这种试次称为红/绿线索试次(25%, 72 个试次); 这种试次只有干扰子条件(有奖干扰子或无奖干扰子)。

学习阶段的设计与实验 1 完全相同; 测验阶段也为被试内的设计, 关键自变量为线索类型, 包含有目标线索、干扰子线索、foil 线索和红/绿色线索四种类型, 如上所述, 其中目标线索、干扰子线索和 foil 线索均包含有奖干扰子、无奖干扰子和无干扰子条件, 而红/绿线索只包含有奖干扰子和无奖干扰子条件。因变量也与实验 1 完全相同, 为判断线条朝向的按键反应时和正确率。

同样, 学习阶段和测验阶段共持续约 1 个小时, 在实验开始前均告诉被试“要既快又准地做反应”。

3.2　结果分析

下面将对学习阶段和测验阶段的正确率和反应时数据分别进行分析。

3.2.1　学习阶段

正确率　配对样本 t 检验发现, 有奖试次的正确率(M = 90%, SD = 9%)和无奖试次的正确率(M = 90%, SD = 8%)之间差异不显著, $t(23)$ = 0.24, p = 0.810。结果如图 7a 所示。

反应时　首先剔除错误反应的数据(占总数据的 10.3%), 然后按照 $M \pm 3$ SD 的原则剔除超出一定范围的反应时数据(占总数据的 0.5%)。配对样本 t 检验发现, 有奖试次的反应时(M = 548 ms, SD = 73 ms)显著短于无奖试次的反应时(M = 586 ms, SD = 85 ms), $t(23)$ = 4.64, p < 0.001, Cohen’s d = 2.768。结果如图 7b 所示。

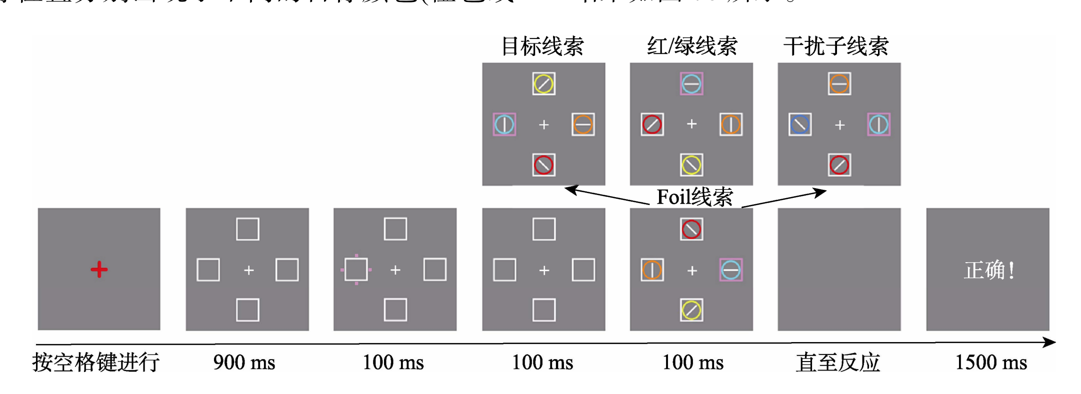


图 6　实验 2 测验阶段单个试次的流程图(搜索画面中显示的目标圆环以青色为例, 显示的红/绿线索以红线索为例)

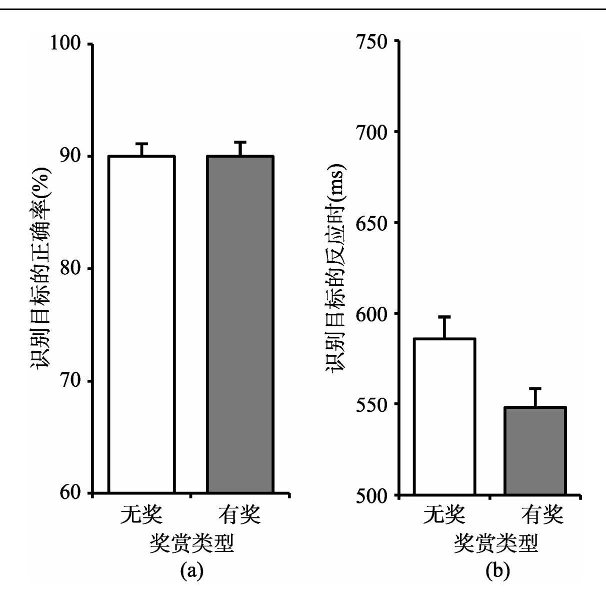


图 7 实验 2 学习阶段无奖和有奖条件下的正确率(a)和反应时(b)

注：误差线为被试内设计 95%的置信区间

与实验 1 相同，被试确实习得了颜色与奖赏的联结。

3.2.2 测验阶段

线索效应是指目标线索、干扰子线索、foil 线索和红/绿线索在因变量指标(正确率和反应时)上的变异。

正确率 重复测量的方差分析发现了显著的线索效应，$F(3, 69) = 6.47$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.220$ (如图 8a 所示)。配对比较的结果显示：目标线索试次的正确率(M = 93%, SD = 5%)要显著高于干扰子线索试次的正确率(M = 91%, SD = 8%, $p = 0.039$)、红/绿线索试次的正确率(M = 90%, SD = 8%, $p = 0.018$)和 foil 线索试次的正确率(M = 88%, SD = 9%, $p = 0.001$)；干扰子线索试次的正确率显著高于 foil 线索试次的正确率($p = 0.023$)，但与红/绿线索试次的正确率差异不显著($p = 0.585$)；红/绿线索试次的正确率与 foil 线索试次的正确率差异也不显著($p = 0.078$)。如图 8a 所示。

反应时 首先剔除错误反应的数据(占总数据的 9.6%)，然后按照 $M \pm 3\ SD$ 的原则剔除超出一定范围的反应时数据(占总数据的 1.6%)。然后对剩余 88.8%的反应时数据进行重复测量方差分析，结果发现了显著的线索效应，$F(3, 69) = 23.11$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.501$。配对比较的结果显示：目标线索试次的反应时(M = 547 ms, SD = 88 ms)要显著短于干扰子线索试次的反应时(M = 589 ms, SD = 85 ms, $p < 0.001$)、红/绿线索试次的反应时(M = 596 ms, SD = 86 ms, $p < 0.001$)和 foil 线索试次的反应时(M = 598 ms, SD = 88 ms, $p < 0.001$)；干扰子线索试次的反应时与 foil 线索试次的反应时差异显著($p = 0.050$)，与红/绿线索试次的反应时差异不显著($p = 0.192$)；红/绿线索试次的反应时与 foil 线索试次的反应时差异不显著($p = 0.601$)。如图 8b 所示。

综合两个指标未发现速度−准确性权衡，表现出显著的线索效应。

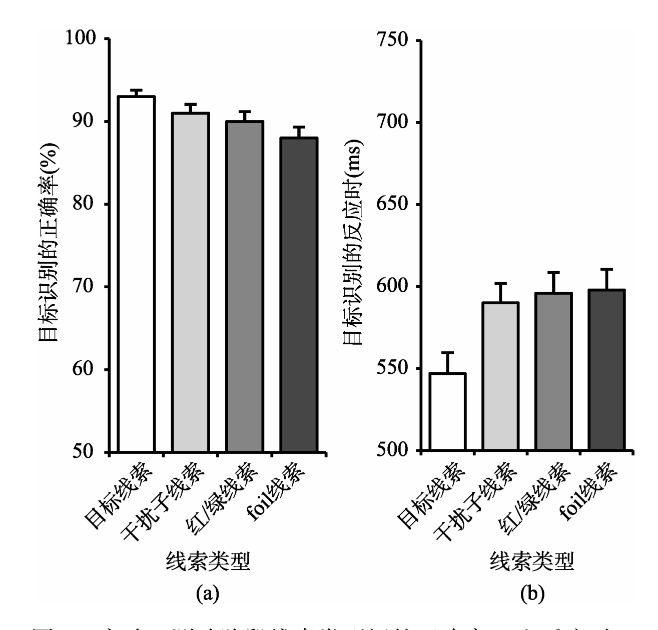


图 8 实验 2 测验阶段线索类型间的正确率(a)和反应时(b)

注：误差线为被试内设计 95%的置信区间

定向是指有奖干扰子和无奖干扰子出现在非线索位置时对注意的捕获，主要反映在目标线索类型、干扰子线索类型和 foil 线索类型上。

正确率 在干扰子线索类型上($F(2, 46) = 0.10$, $p = 0.908$)、foil 线索类型上($F(2, 46) = 0.45$, $p = 0.641$)和目标线索类型上($F(2, 46) = 0.45$, $p = 0.640$)均无显著的干扰子类型主效应。如图 9a 所示。

反应时 在干扰子线索类型上($F(2, 46) = 0.06$, $p = 0.942$)、foil 线索类型上($F(2, 46) = 0.20$, $p = 0.882$)和在目标线索类型上($F(2, 46) = 1.47$, $p = 0.241$)均无显著的干扰子类型主效应。如图 9b 所示。

综合上述两个指标发现，有奖干扰子和无奖干扰子在注意定向方面没有明显差别。

脱离是指有奖干扰子和无奖干扰子出现在线索位置上，被试需要将注意脱离干扰子转向目标位置的过程，主要反映在红/绿线索类型上。

正确率 配对 t 检验发现：有奖干扰子的正确率(M = 89%, SD = 10%)与无奖干扰子的正确率(M = 91%, SD = 8%)差异不显著，$t(23) = 1.53$, $p = 0.139$。

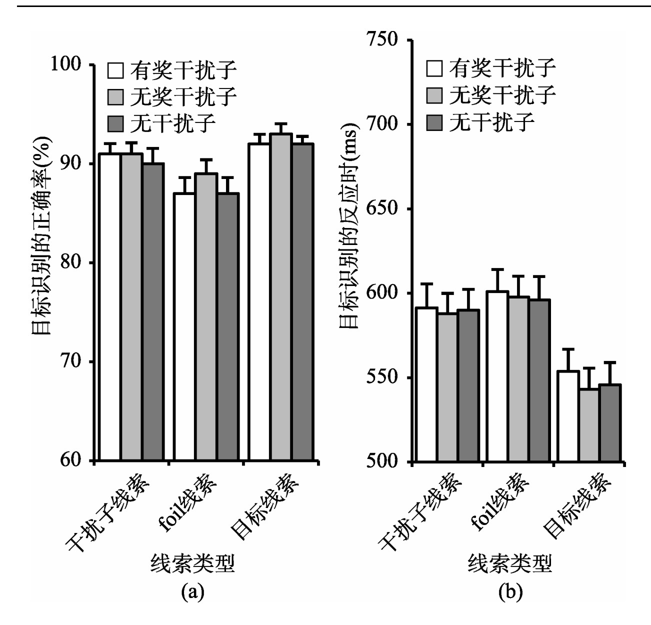


图 9　实验 2 测验阶段定向结果的正确率(a)和反应时(b)
注: 误差线为被试内设计 95%的置信区间

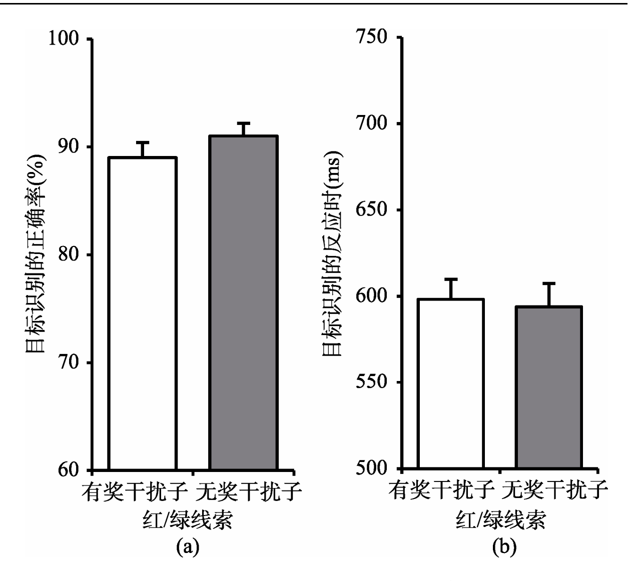


图 10　实验 2 测验阶段脱离结果的正确率(a)和反应时(b)
注: 误差线为被试内设计 95%的置信区间

如图 10a 所示。

反应时　配对 t 检验发现:有奖干扰子的反应时(M = 598 ms, SD = 82 ms)与无奖干扰子的反应时(M = 594 ms, SD = 94 ms)差异不显著, $t(23) = 0.61$, $p = 0.551$。如图 10b 所示。

综合上述两个指标发现, 有奖干扰子和无奖干扰子在注意脱离方面也没有明显差别。

实验间定向和脱离的比较　采用独立样本 t 检验对实验 1 和实验 2 中奖赏干扰子的注意定向差异反应时进行比较(定向条件下有奖干扰子与无奖干扰子的反应时之差), 发现实验 2 (M = 6 ms)比实验 1 (M = 29 ms)的差异量显著减少, $t(46) = 2.50$, p = 0.016, Cohen's d = 0.509; 而在正确率方面发现实验 2 (M = 1%)与实验 1 (M = 4%)的差异量不显著, $t(46) = 1.58$, p = 0.120。采用同样的方法对实验 1 和实验 2 中奖赏干扰子的注意脱离差异反应时进行比较(脱离条件下有奖干扰子与无奖干扰子的反应时之差), 发现实验 2 (M = 4 ms)比实验 1 (M = 37 ms)的差异量显著减少, $t(46) = 2.52$, p = 0.015, Cohen's d = 0.514; 而在正确率方面发现实验 2 (M = 2%)与实验 1 (M = 7%)的差异量不显著, $t(46) = 1.525$, p = 0.134。如图 11 所示。

3.3　讨论

实验 2 的结果表明, 当奖赏联结干扰子与目标无关时, 有奖干扰子和无奖干扰子在注意定向和脱离方面没有明显的差异。本实验的学习阶段与实验 1 的学习阶段有着类似的结果, 被试同样习得了颜

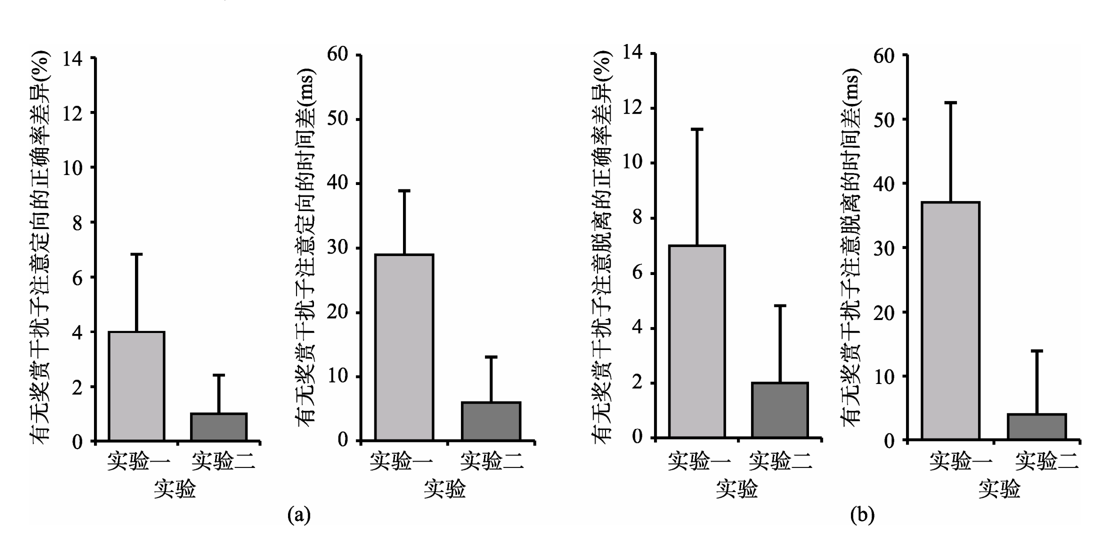


图 11　实验 1 和实验 2 在注意定向(a)和脱离(b)方面的差异量比较
注: 误差线为被试间设计 95%的置信区间

色与奖赏的联结。在测验阶段，有奖干扰子和无奖干扰子在注意定向和脱离方面没有显著差异。然而更重要的是，与实验 1 中注意定向和脱离的结果相比，实验 2 (奖赏联结干扰子与目标无关)中有奖干扰子和无奖干扰子在注意定向和脱离方面反应时的差异量显著小于实验 1 (奖赏联结干扰子与目标相关)中的差异，二者在注意定向和脱离方面正确率的差异不显著。这为奖赏驱动的注意捕获中的注意定向和脱离均受到自上而下目标的调节作用提供了有力的证据。

4 总讨论

本研究采用空间线索范式的变式，通过操纵奖赏联结干扰子与目标的相关性来探究奖赏驱动的注意捕获是自动性的还是受自上而下目标的调节。结果表明，在学习阶段被试均习得了奖赏联结(实验 1 和实验 2)，但在测验阶段，当奖赏联结干扰子与目标相关时，与无奖干扰子相比，有奖干扰子能优先捕获注意(注意定向)，且脱离时间变长(实验 1)；当奖赏联结干扰子与目标无关时，有奖干扰子和无奖干扰子在注意定向和脱离方面没有明显差别(实验 2)。对比实验 1 和实验 2 的结果可以得出：奖赏联结的注意捕获在注意定向和脱离方面均受到自上而下目标的调节。

值得注意的是，在两个实验的学习阶段中，将不同颜色与奖赏建立联结时采用了被试间平衡，很好地控制了颜色显著性不同造成的结果差异，即排除了物理刺激显著性的影响。更重要的是，实验 1 测验阶段定向的结果发现，不管是在干扰子线索类型还是在目标线索类型上，反应时方面均获得了较为一致的结果，即有奖干扰子与无奖干扰子之间的反应时差异均显著，但无奖干扰子与无干扰子的反应时差异均不显著。这个结果说明：虽然有奖干扰子和无奖干扰子同为学习阶段的目标颜色，但在测验阶段只有与奖赏建立联结(有奖学习)的颜色与无奖赏建立联结(无奖学习)的颜色相比，能够更明显地捕获注意，而后者与无干扰色(学习阶段不作为目标的颜色)的结果相似，这在一定程度上排除学习的作用，就这一点而言，该结果与 Anderson 及其同事早期(Anderson et al., 2011b)和近期(Anderson & Halpern, 2017)采用奇异项范式研究的测验阶段的结果一致。需要注意的是，正确率的结果并不完全支持这一点，因为在干扰子线索类型上，有奖干扰子、无奖干扰子和无干扰子三种条件下的正确率两两之间均有显著差异，该结果意味着奖赏和学习均起到一定的作用*；但奇怪的是该模式并没有出现在目标线索类型上，在目标线索类型上仅有奖干扰子和无干扰子两种条件下的正确率差异显著，该结果意味着奖赏和学习的联合作用，出现这种情况的原因并不清楚，还有待进一步的考证。但总体来说，在本研究中经过奖赏联结学习的干扰子对注意的捕获更多依赖于奖赏的作用，而与学习的关系不大。

此外，本研究结果与 Sha 和 Jiang (2016)采用奇异项范式的测验阶段结果并不一致，她们的测验阶段结果发现高奖干扰子与低奖干扰子的反应时无显著差异，但奖赏干扰子出现和不出现有显著差异，同时他们还发现，即使在学习阶段不进行奖赏联结，但在测验阶段仍发现先前学习过的颜色更容易捕获注意，因此他们认为干扰子对注意的捕获是学习的作用，并不依赖于奖赏。出现这种不一致的结果或许是因为 Sha 和 Jiang 的实验采用的实验材料与我们实验 1 的实验材料及实验参数的设置均有诸多不同之处。从近年来的相关研究发现，虽然不能完全排除学习在奖赏干扰子捕获注意中的作用，但大多数研究均发现奖赏干扰子对注意的捕获是价值依赖的(如 Anderson et al., 2011b; Le Pelley et al., 2015)。实际上，采用学习−测验程序对该问题进行研究有其内在的缺陷，这一程序无法完全排除学习的作用，所获得的结果很可能是奖赏和学习的共同作用。之所以在一些研究中表现出奖赏作用的，而在另外的研究中表现出学习的作用，则可能是由于实验材料、具体参数设置不同造成的实验检验力的不同所导致的，对该问题的回答还有待进一步的研究，以期发现出现不同结果的边界条件，阐明内在的机制。

本研究结果支持奖赏联结的注意捕获(包括注意定向和脱离)会受到自上而下目标的调节。而先前对奖赏联结/价值驱动的注意捕获性质的研究则主要采用奇异项范式来展开的，实验结果主要支持奖赏联结的注意捕获独立于自上而下的目标定势(Failing et al., 2015; Munneke et al., 2015)。值得注意的是，本研究中使用的空间线索范式的变式与奇异项范式主要有两点不同：(1)先前研究中测验阶段的目标是一直呈现到被试做出反应，而我们研究中的目标呈现时间是非常有限的；(2)先前测验阶段注

* 特别感谢一位匿名审稿专家提出这一点，引发我们对实验结果的进一步思考。

意的焦点是变化的, 而本研究采用线索的形式控制了注意的焦点。那么, 这两类研究结果的差异是否是由于实验范式的不同所导致的, 即研究结果是否具有范式依赖性, 这在以后的研究中需要做进一步的探讨。

另外, 早期有关注意捕获的研究发现存在刺激驱动的注意捕获和有条件的注意捕获之间的争议, 并认为导致这两种性质的注意捕获可能是由于注意窗口(attentional window)的不同所致(Belopolsky & Theeuwes, 2010; 参见综述, Theeuwes, 2010)。同样道理, 本研究中所发现奖赏联结的注意捕获受自上而下目标定势的调节, 可能是由于本研究中目标呈现时间非常有限, 且注意焦点是固定的, 此时注意窗口较小; 而在利用奇异项范式进行的研究中, 目标呈现时间较长, 注意焦点是变化的, 此时注意窗口较大。由此可见, 注意窗口的大小很可能是导致结果差异的重要原因, 这还只是我们的一个猜测, 奖赏联结的注意捕获与早期的两种注意捕获之间究竟存在什么样的关系还有待后续研究作进一步的探讨。

本研究的实验结果发现, 仅当奖赏联结干扰子与目标相关时, 与无奖干扰子相比, 个体对有奖干扰子的优先定向和延迟脱离更明显(实验 1), 而当奖赏联结干扰子与目标无关时, 有无奖赏干扰子在注意定向和脱离方面没有明显不同, 这说明自上而下的目标定势会调节奖赏联结干扰子的注意定向和脱离。以往的研究发现, 注意的早期定向和晚期脱离受自上而下的目标定势和/或策略性的注意定势等认知性因素的影响不同: 晚期脱离更可能会受上述认知性因素的影响, 但是对注意的早期定向受认知性因素影响的程度还不是很清楚(Carrasco, 2011)。本研究的结果发现, 不论是早期的注意定向还是晚期的注意脱离, 奖赏联结的注意捕获均受到自上而下的目标定势的调节。

总之, 与奖赏相联结的项目能够有效地引导我们的视觉注意, 既可以应用在现实生活中动机的诱发等活动, 也可以为人们在生产生活中需要较高搜索效率的活动提供指导, 从而提高人们的搜索行为, 有利于个体适应复杂的外部环境。本研究通过探究奖赏联结在视觉搜索过程中所发挥的作用, 结果支持奖赏联结与自上而下的目标共同引导视觉注意, 这是对基于奖赏的注意捕获性质的进一步丰富和发展, 有助于我们更好的理解基于奖赏联结的注意捕获在指导视觉方面作用的规律。

5 结论

本研究采用空间线索范式的变式, 考察了奖赏联结的注意捕获与自上而下的目标定势之间的关系, 可以得出如下结论: 奖赏联结注意捕获并不是完全自动化的, 其中的注意定向和脱离成分均会受到自上而下目标(认知性因素)的调节, 意味着不仅奖赏联结的注意捕获的晚期(注意脱离)会受到认知性因素的影响, 而且更重要的是, 即使在奖赏联结的注意捕获的早期(注意定向)也会受到认知性因素的影响。

参 考 文 献

Anderson, B. A. (2013). A value-driven mechanism of attentional selection. *Journal of Vision, 13*(3), 7, doi: 10.1167/13.3.7.

Anderson, B. A. (2016). The attention habit: How reward learning shapes attentional selection. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1369*(1), 24–39, doi: 10.1111/nyas.12957.

Anderson, B. A., Laurent, P. A., & Yantis, S. (2011a). Learned value magnifies salience-based attentional capture. *PLoS One, 6*(11), e27926, doi: 10.1371/journal.pone.0027926.

Anderson, B. A., Laurent, P. A., & Yantis, S. (2011b). Value-driven attentional capture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*(25), 10367–10371, doi: 10.1073/pnas.1104047108.

Anderson, B. A., Folk, C. L., Garrison, R., & Rogers, L. (2016). Mechanisms of habitual approach: Failure to suppress irrelevant responses evoked by previously reward-associated stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General, 145*(6), 796–805, doi: 10.1037/xge0000169.

Anderson, B. A., & Halpern, M. (2017). On the value-dependence of value-driven attentional capture. *Attention, Perception, & Psychophysics, 79*(4), 1001–1011, doi: 10.3758/s13414-017-1289-6.

Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012).Top-down versus bottom-up attentional control: a failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences, 16*(8), 437–443.

Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2010). No capture outside the attentional window. *Vision Research, 50*(23), 2543–2550.

Bucker, B., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2015). Distractors that signal reward attract the eyes. *Visual Cognition, 23*(1–2), 1–24, doi: 10.1080/13506285.2014.980483.

Bucker, B., Silvis, J. D., Donk, M., & Theeuwes, J. (2015). Reward modulates oculomotor competition between differently valued stimuli. *Vision Research, 108*, 103–112, doi: 10.1016/j.visres.2015.01.020.

Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research, 51*, 1484–1525, doi: 10.1016/j.visres.2011.04.012.

Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology, 48*(1), 269–297.

Failing, M., Nissens, T., Pearson, D., Le Pelley, M., & Theeuwes, J. (2015). Oculomotor capture by stimuli that signal the availability of reward. *Journal of Neurophysiology,*

114(4), 2316–2327.

Failing, M. F., & Theeuwes, J. (2014).Exogenous visual orienting by reward. *Journal of Vision, 14*(5), 6, doi: 10.1167/14.5.6.

Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18*(4), 1030–1044.

Hickey, C., & van Zoest, W. (2013). Reward-associated stimuli capture the eyes in spite of strategic attentional set. *Vision Research, 92*, 67–74, doi: 10.1016/j.visres.2013.09.008.

Le Pelley, M. E., Pearson, D., Griffiths, O., & Beesley, T. (2015).When goals conflict with values: Counterproductive attentional and oculomotor capture by reward-related stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General, 144*(1), 158–171, doi: 10.1037/xge0000037.

Loftus, G. R., & Masson, M. E. J. (1994). Using confidence intervals in within-subject designs. *Psychonomic Bulletin & Review, 1*(4), 476–490.

MacLean, M., & Giesbrecht, B. (2015). Irrelevant reward and selection histories have different influences on task-relevant attentional selection. *Attention, Perception, & Psychophysics, 77*(5), 1515–1528, doi: 10.3758/s13414-015-0851-3.

MacLean, M. H., Diaz, G. K., & Giesbrecht, B. (2016). Irrelevant learned reward associations disrupt voluntary spatial attention. *Attention, Perception, & Psychophysics, 78*(7), 2241–2252, doi: 10.3758/s13414-016-1103-x.

Munneke, J., Hoppenbrouwers, S. S., & Theeuwes, J. (2015). Reward can modulate attentional capture, independent of top-down set. *Attention, Perception, & Psychophysics, 77*(8), 2540–2548, doi: 10.3758/s13414-015-0958-6.

Pearson, D., Osborn, R., Whitford, T. J., Failing, M., Theeuwes, J., & Le Pelley, M. E. (2016). Value-modulated oculomotor capture by task-irrelevant stimuli is a consequence of early competition on the saccade map. *Attention, Perception, & Psychophysics, 78*(7), 2226–2240, doi: 10.3758/s13414-016-1135-2.

Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General, 109*(2), 160–174.

Qi, S., Zeng, Q., Ding, C., & Li, H. (2013). Neural correlates of reward-driven attentional capture in visual search. *Brain Research, 1532*, 32–43, doi: 10.1016/j.brainres.2013.07.044.

Sha, L. Z., & Jiang, Y. V. (2016).Components of reward-driven attentional capture. *Attention, Perception, & Psychophysics, 78*(2), 403–414, doi: 10.3758/s13414-015-1038-7.

Stankevich, B. A., & Geng, J. J. (2015).The modulation of reward priority by top-down knowledge. *Visual Cognition, 23*(1–2), 206–228, doi: 10.1080/13506285.2014.981626.

Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception &Psychophysics, 51*(6), 599–606.

Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica, 135*(2), 77–99, doi: 10.1016/j.actpsy.2010.02.006.

Theeuwes, J., & Belopolsky, A. V. (2012). Reward grabs the eye: Oculomotor capture by rewarding stimuli. *Vision Research, 74*, 80–85, doi: 10.1016/j.visres.2012.07.024.

Vromen, J. M., Lipp, O. V., Remington, R. W., & Becker, S. I. (2016). Threat captures attention, but not automatically: Top-down goals modulate attentional orienting to threat distractors. *Attention, Perception, & Psychophysics, 78*(7), 2266–2279, doi: 10.3758/s13414-016-1142-3.

Wang, L., Yu, H., & Zhou, X. (2013).Interaction between value and perceptual salience in value-driven attentional capture. *Journal of Vision, 13*(3), 5, doi: 10.1167/13.3.5.

Top-down goals modulate attentional orienting to and disengagement from rewarded distractors

ZHANG Yan[1]; CAO Huimin[1]; ZHENG Yuanjie[2]; REN Yanju[1]

([1] *School of Psychology, Shandong Normal University, Jinan* 250358, *China*)

([2] *School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan* 250358, *China*)

Abstract

The traditional distinction between exogenous and endogenous attentional control has recently been enriched with an additional mode of control, termed as reward history. Recent findings have indicated that previously rewarded stimuli capture more attention than their physical attributes would predict. However, an important question is whether reward-based learning (or value-driven) attentional control is fully automatic or driven by strategic, top-down control? Most researchers have suggested value-driven attentional control is fully automatic, not driven by strategic, top-down control. Although previous studies have examined the phenomenon of value-driven attention capture, few studies have distinguished early attentional orienting and later attentional disengagement in the value-driven attentional control process. Therefore, the present study employed a modified spatial cueing paradigm to disentangle attentional orienting and disengagement and manipulated the goal-relevance of reward distractors to investigate the characteristics of value-driven attentional control. In Experiment 1, rewarded distractors were goal-relevant, and we would expect the prioritized orienting to and the delayed disengagement from rewarded distractors (compared with no-reward distractors) to be evident when both were

goal-relevant (i.e., part of the target-set); In Experiment 2, rewarded distractors were not goal-relevant, and we would expect prioritized orienting to and delayed disengagement from rewarded distractors (compared with no-reward distractors) not to be evident when both were not goal-relevant.

Forty-eight participants (Experiment 1: 24; Experiment 2: 24) with normal or corrected-to-normal vision were tested. During the training phase, the four positions in the search display were all circles of different colors (such as red, green, blue, cyan, orange, and yellow). Targets were defined as a red or a green circle, exactly one of which was presented on every trial. Inside the target, a white line segment was oriented either vertically or horizontally, and inside each of the nontargets, a white line segment was tilted at 45° to the left or to the right. The feedback display informed participants of the reward earned (+10, +0) on the previous trial, as well as total reward accumulated thus far according to their responses. During the test phase, each trial started with the presentation of the fixation display (900 ms), which was followed immediately by the cue display (100 ms). After the cue display, the fixation display was presented again (100 ms), followed by the target display (100 ms). The target display was followed by a gray screen (until response). The feedback display at test informed participants only whether their response on the previous trial was correct. That is, no reward was provided during the test phase.

Results showed that: (1) Across Experiments 1 and 2, we observed the significant main effects of reward. (2) In the test phase in Experiment 1, rewarded distractors were goal-relevant and we observed prioritized orienting to and delayed disengagement from rewarded distractors (compared with no-reward distractors) be evident; in Experiment 2, rewarded distractors were not goal-relevant, and we observed prioritized orienting to and delayed disengagement from rewarded distractors (compared with no-reward distractors) not be evident.

The present findings demonstrate that: (1) In the training phase, participants have learned the effect of reward. (2) In the test phase, orienting to and disengagement from rewarded stimuli are modulated by current top-down goals. These findings provide a new perspective on the domain of attention to rewarded stimuli by indicating that even the early orienting of attention to rewarded stimuli is contingent on current top-down goals, suggesting early orienting to rewarded stimuli to be more complex and cognitively involved than previously hypothesized.

Key words　reward association; top-down; attentional orienting; attentional disengagement